



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014123948/28, 10.06.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.06.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.06.2014

(45) Опубликовано: 10.12.2015 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: V. KORTOV, YU. USTYANTSEV.
RADIATION MEASUREMENTS 56 (2013) 299-
302. SU 785824 A1, 07.12.1980. RU 2270462 C1,
20.02.2006. US 4873444 A, 10.10.1989.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Марк
Т.В.

(72) Автор(ы):

Абашев Ринат Мансурович (RU),
Власов Максим Игоревич (RU),
Мильман Игорь Игоревич (RU),
Моисейкин Евгений Витальевич (RU),
Сарычев Максим Николаевич (RU),
Соловьев Сергей Васильевич (RU),
Сюрдо Александр Иванович (RU),
Хохлов Георгий Константинович (RU)

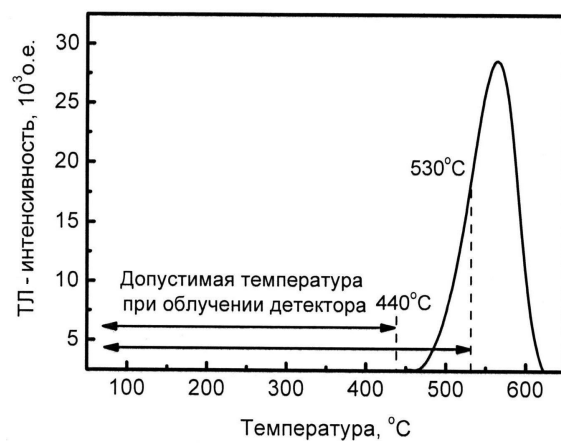
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU),
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки "Институт промышленной
экологии Уральского отделения Российской
академии" (RU)(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ДОЗ, НАКОПЛЕННЫХ В
ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДЕТЕКТОРАХ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ
ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ
ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу измерения накопленных высоких и сверхвысоких доз и мощностей доз ионизирующих излучений термолюминесцентными (ТЛ) детекторами на основе оксида алюминия. Способ измерения высоких и сверхвысоких доз, накопленных в термолюминесцентных детекторах ионизирующих излучений на основе оксида алюминия, в том числе при облучении в условиях повышенных температур окружающей среды, включает нагрев облученного детектора и регистрацию интенсивности термостимулированной люминесценции, при этом интенсивность

термостимулированной люминесценции измеряют в температурном интервале 430-630°C, а спектральную область регистрируемой интенсивности термолюминесценции ограничивают диапазоном 250-350 нм, при этом величину поглощенной дозы детектором, облученном при температуре окружающей среды до 430°C, рассчитывают интегральным методом, а при облучении детектора в температурном интервале 430-530°C - пиковым методом. Технический результат - повышение точности, надежности и достоверности измерений. 7 ил.



Фиг.3

RU 2 570 107 C 1

RU 2 570 107 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014123948/28, 10.06.2014**(24) Effective date for property rights:
10.06.2014

Priority:

(22) Date of filing: **10.06.2014**(45) Date of publication: **10.12.2015** Bull. № **34**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr
intellektual'noj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):

**Abashev Rinat Mansurovich (RU),
Vlasov Maksim Igorevich (RU),
Mil'man Igor' Igorevich (RU),
Moisejkin Evgenij Vital'evich (RU),
Sarychev Maksim Nikolaevich (RU),
Solov'ev Sergej Vasil'evich (RU),
Sjurdo Aleksandr Ivanovich (RU),
Khokhlov Georgij Konstantinovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU),
Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
uchrezhdenie nauki "Institut promyshlennoj
ehkologii Ural'skogo otdeleniya Rossijskoj
akademii" (RU)****(54) METHOD TO MEASURE HIGH AND ULTRAHIGH DOSES ACCUMULATED IN
THERMOLUMINESCENT DETECTORS OF IONISING RADIATIONS BASED ON ALUMINIUM OXIDE,
ALSO IN CASE OF RADIATION UNDER CONDITIONS OF INCREASED AMBIENT TEMPERATURES**

(57) Abstract:

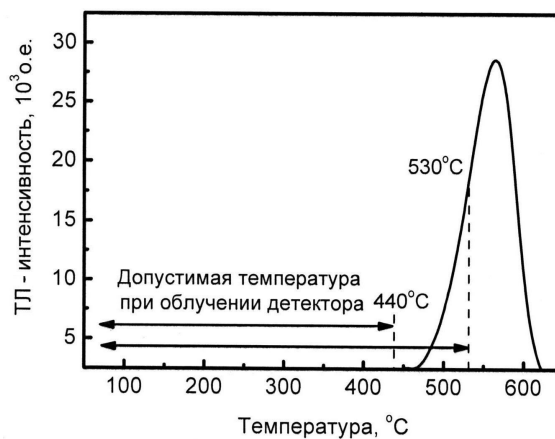
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the method of measurement of accumulated high and ultrahigh doses and capacities of doses of ionising radiations by thermoluminescent (TL) detectors on the basis of aluminium oxide. The method to measure high and ultrahigh doses, accumulated in thermoluminescent detectors of ionising radiations on the basis of aluminium oxide, also in case of radiation under conditions of increased ambient temperatures, includes heating of the radiated detector and registration of intensity of heat-stimulated luminescence, at the same time intensity of heat-stimulated luminescence is measured in the temperature range of 430-630°C, and the spectral area of recorded intensity of heat luminescence is limited with a range of 250-350 nm, at the same time the value of dose absorbed by the detector radiated at ambient temperature of up to 430°C, is calculated by integral method, and during detector

radiation in the temperature range of 430-530°C - by peak method.

EFFECT: increased accuracy, reliability and validity of measurements.

7 dwg



Фиг.3

Изобретение относится к способу измерения накопленных высоких и сверхвысоких доз и мощностей доз ионизирующих излучений термолюминесцентными (ТЛ) детекторами на основе оксида алюминия. Оно может быть использовано для повышения надежности, точности и достоверности проводимых с его помощью измерений непрерывных и импульсных полей излучений, созданных изотопными источниками, электронными и протонными ускорителями, ядерными реакторами, в том числе при повышенных до 530°C температурах облучения детектора.

В последние годы наметилась четкая тенденция интенсивного применения радиационных технологий с применением ускорителей заряженных частиц в области структурной модификации материалов, стерилизации медицинского оборудования, облучения продуктов питания, дезактивации токсичных газообразных и твердых соединений, противораковой терапии (Irradiational meeting on radiation processing (IMRP), 4-8 November, Shanghai, 2013). Диапазоны требуемых доз для решения задач радиационных технологий с учетом типа излучений и энергий составляют 10 кГр - 1,2 МГр для гамма-излучения с энергией 1,25 МэВ, 5 кГр - 1 МГр для электронов с энергиями 6 и 10 МэВ, 1 кГр - 1 МГр для протонов с энергиями 25 МэВ, нейтронов и тяжелых заряженных частиц. Прогнозируемый на ближайшее будущее верхний предел измеряемых доз составит величину около 10 МГр. При этом предпочтение будет отдаваться импульсным полям с мощностями доз более 10^{12} Тр/с. Приведенные примеры иллюстрируют возросшую потребность создания новых и расширение функциональных возможностей известных материалов детекторов, способов, методов и средств высокодозной (до 1,2 МГр) и сверхвысокодозной дозиметрии (до 10 МГр). Задача измерения больших и сверхбольших доз усложняется необходимостью проведения таких измерений при повышенных до 500°C температурах окружающей среды (внутриреакторные измерения, радиационные аварии на ядерных объектах, радиационное материаловедение).

Из уровня техники известны химические методы дозиметрии импульсных электронных излучений, способные регистрировать дозы до 10^5 Гр при мощности дозы до 10^{12} Гр/с (А.К. Пикаев. Химические методы дозиметрии импульсного электронного излучения. Успехи химии. Т. ХLI, вып. 9, 1972, 1696-1713). Видно, что химические методы дозиметрии не обеспечивают верхнего предела требуемого диапазона доз, более 1 МГр, они требуют большого времени подготовки к измерениям, не пригодны для использования при повышенных температурах облучения.

Номенклатура современных методов высокодозной дозиметрии существенно расширилась (Н. Schonbacher et. al. High-Level Dosimetric Methods. Radiation Protection Dosimetry (2009), Vol. 137, No. 1-2, pp. 83-930). Ее анализ показывает, что основной акцент делается на физические методы оптической и парамагнитной спектроскопии, а в качестве материалов детекторов используются органические соединения, стекла, радиохромные пленки, полупроводниковые соединения и др. При этом способ термолюминесцентной дозиметрии для решения задач высокодозной дозиметрии до последнего времени не рассматривался. Считалось, что основная область его применения с использованием стандартных ТЛ-детекторов на основе LiF, CaF₂, CaSO₄, AlO₃, BeO и др. - индивидуальная дозиметрия, ограниченная верхним пределом регистрируемых доз в несколько грей.

Исследования последних лет позволили разработать ТЛ-способы измерения высоких и сверхвысоких доз с использованием стандартных ТЛ-детекторов на основе LiF и Al₂O₃, принятые в качестве аналогов в предлагаемом изобретении.

Известен способ ТЛ-измерений высоких и сверхвысоких радиационных доз с использованием в качестве детектора излучений монокристаллической формы LiF: Mg, Cu, P (B. Obryk et. al. Method of thermoluminescent measurement of radiation doses from micrograys up to a megagray with a single LiF: Mg, Cu, P detector. Radiation Protection Dosimetry (2011), Vol. 144, No. 1-4, pp. 543-547; B. Obryk et. al. On LiF: Mg, Cu, P and LiF: Mg, Ti phosphors high & ultra-high dose features. Radiation Measurements xxx (2014) 1-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2014.02.002>).

Описанный способ обладает рядом существенных недостатков:

1) необходимость проведения сложной предварительной термообработки детектора перед облучением в течение 10 минут при 240°C (LiF: Mg, Cu, P) или при 400°C в течение часа с последующим охлаждением до 100°C в течение 2 часов (LiF: Mg, Ti);

2) неэлементарность дозиметрического пика, зависимость его формы и температурного местоположения от дозы и вида облучения, необходимость сложной процедура обработки ТЛ-сигнала в каждом из температурных диапазонов <250°C, 250-350°C и >350°C;

3) зависимость спектрального состава в пиках ТЛ от дозы, его непрерывное обогащение длинноволновыми компонентами с ее ростом от 345 до 722 нм в диапазоне 0,0065-200кГр, что накладывает специальные требования к спектральной чувствительности фотоприемника;

4) в ряде случаев разработчики метода рекомендуют одноразовое применение детекторов на основе LiF для измерения сверхвысоких доз.

Перечисленные недостатки описанного способа в большой степени являются следствием используемого в качестве детектора класса соединений с низкой радиационной стойкостью, образованием в нем под действием измеряемого излучения структурных дефектов различного типа, обладающих индивидуальной ТЛ-активностью и температурным диапазоном отжига. Материал детектора не допускает его использования при повышенных температурах.

Вторая группа способов измерений высоких доз ТЛ-методом основана на использовании свойств стандартных ТЛ-детекторов на основе α -Al₂O₃ (ТЛД - 500, α -Al₂O₃:C в иностранной литературе, основной ТЛ-пик около 180°C), созданных для регистрации доз, не превышающих нескольких единиц грей. Затем, по мере совершенствования способов измерений, главным образом за счет использования более высокотемпературных пиков в детекторах на основе ТЛД-500, верхний предел дозового диапазона регистрации был расширен, как это следует из приведенных ниже примеров.

Пример 1. Детектор ТЛД-500. Выход ТЛ линейно зависит от дозы в интервале 10-40 кГр. Источником облучения являлся импульсный электронный ускоритель RADAN-220 (E=100-200 кэВ, длительность импульса 2 нс, ток в импульсе 2,5 кА). Поглощенная доза определялась эталонными пленками ПД (Ф) Р - 5/50 и составляла 2 кГр за импульс. Недостатком этого способа являлось то, что выход ТЛ определялся по пику на кривой термовысвечивания около 80°C, что делает невозможным проводить измерения при повышенных температурах облучения детектора. Недостатком способа является и относительно невысокий предел детектируемых доз (I.I. Milman et. al. Luminescence properties of α -Al₂O₃ dosimetric crystals exposed to a high-current electron beam. Radiation Measurements 38 (2004) 443-446).

Пример 2. Детектор ТЛД-500. Выход ТЛ линейно зависит от дозы в интервале 1,5-100 кГр. Источником излучения - импульсный электронный ускоритель КЛАВИ с параметрами: длительность импульса 2 нс, максимальная энергия 180 кэВ, плотность

тока 60 A/cm^2 . Фотоприемное устройство имело максимум спектральной чувствительности в диапазоне 410-430 нм. Особенностью метода является то, что выход ТЛ определялся по ТЛ-пику на кривой термовысвечивания вблизи 430°C (V. Kortov, Yu. Ustyantsev. Radiation Measurements 56 (2013) 299-302). Возможность измерения доз при повышенных температурах облучения детектора в этом способе не обсуждается

Пример 3. Детектор ТЛД-500. Выход ТЛ линейно зависит от дозы в интервале 80-800 кГр. Источник излучения - импульсный электронный ускоритель с параметрами: длительность импульса 2 нс, средняя энергия 130 кэВ, плотность тока 60 A/cm^2 .

Особенностью этого способа является то, что выход ТЛ определялся по ТЛ-пику на кривой термовысвечивания вблизи 180°C , что делает невозможным проводить измерения при более высоких температурах облучения детектора. Недостатком этого способа является высокий нижний порог детектируемых доз (V.S. Kortov et.al. Features of thermoluminescence in anion-defective alumina single crystals after highdose irradiation. Radiation Measurements 61, 2014, 74-77; С.В. Никифоров и др. Термолюминесценция анион-дефектных монокристаллов оксида алюминия после высокодозного облучения наносекундными импульсами электронов. Журнал технической физики, 2014, т. 84, вып. 2, стр. 92-98). Регистрация доз при повышенных температурах облучения детектора исключена из-за низкой температуры пика ТЛ, используемого для измерения.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому изобретению следует считать способ, описанный в примере 2, принятому за прототип. В нем имеется потенциальная возможность измерения высоких доз при температуре облучения детектора до 300°C без потери дозиметрической информации.

Из приведенных выше примеров следует, что известны способы измерения высокодозных полей ионизирующих излучений. Общим для них является применение ТЛ. Однако ни один из известных способов, включая принятый за прототип, не обеспечивает требуемого диапазона измерений 5-10 МГр и не дает возможность проведения таких измерений при облучении детектора в условиях повышенных до $400\text{-}500^\circ\text{C}$ температур окружающей среды.

Задачей предлагаемого изобретения является устранение недостатков, указанных в способах, принятых за аналоги и прототип, а именно расширить диапазон регистрации высоких и сверхвысоких доз ионизирующих излучений от единиц килогрей до 5-10 МГр, в том числе при облучении детектора в условиях повышенных до 500°C температур окружающей среды.

Решение поставленной технической задачи достигается сущностью предлагаемого изобретения.

Способ измерения высоких и сверхвысоких доз, накопленных в термолюминесцентных детекторах ионизирующих излучений на основе оксида алюминия, в том числе при облучении в условиях повышенных температур окружающей среды, включающий нагрев облученного детектора и регистрацию интенсивности термостимулированной люминесценции, отличающийся тем, что интенсивность термостимулированной люминесценции измеряют в температурном интервале $430\text{-}630^\circ\text{C}$, а спектральную область регистрируемой интенсивности термолюминесценции ограничивают диапазоном 250-350 нм, при этом величину поглощенной дозы детектором, облученном при температуре окружающей среды до 430°C , рассчитывают интегральным методом, а при облучении детектора в температурном интервале $430\text{-}530^\circ\text{C}$ - пиковым методом.

В основу предлагаемого способа положены особенности высокотемпературной ТЛ стандартных термолюминесцентных детекторов ТЛД-500, реализованных на базе

анион-дефектных кристаллов α - Al_2O_3 (С.В. Соловьев, И.И. Мильман, А.И. Сюрдо. Термо-фотоиндуцированное преобразование центров люминесценции в анион-дефектных кристаллах α - Al_2O_3 . ФТТ, 2012, т. 54, вып. 4, стр. 683-690; Мильман И.И., Моисейкин Е.В., Никифоров С.В., Соловьев С.В., Ревков И.Г., Литовченко Е.Н. Роль глубоких ловушек в люминесценции анион-дефектных кристаллов α - Al_2O_3 : С. ФТТ, 2008. т. 50. С. 1991-1995). Детектор обладает уникальным сочетанием служебных свойств: механической прочностью, химической инертностью и радиационной стойкостью, рекордной чувствительностью, удобным для регистрации спектром люминесценции, диапазоном регистрации доз от нескольких миллигрей до единиц грей, простой формой пика термовысвечивания, малым федингом, благодаря чему занимает лидирующее положение среди ТЛ-детекторов, используемых в индивидуальной дозиметрии. При измерениях малых доз этим основным дозиметрическим параметром является ТЛ-пик около 180°C и полосой свечения 410 нм при скорости нагрева детектора $2^\circ\text{C}/\text{с}$. При дозах выше 10 Гр этот пик быстро насыщается и становится непригодным для измерений с его помощью больших доз. Большими дозами в этих детекторах может быть возбужден ТЛ-пик при 430°C , имеющийся в этих детекторах. Прямые измерения умеренных доз с помощью этого пика затруднены из-за возрастающего теплового фона нагревательного элемента. Тем не менее, с его помощью возможны измерения доз при повышенных до $250\text{-}350^\circ\text{C}$ температурах облучения детекторов (И.И. Мильман и др. Способ измерения дозы при повышенных температурах окружающей среды. Патент РФ №2346296, опубл. 10.02.2009. Бюл. №4). Для регистрации заявляемого диапазона доз пик при 430°C также является непригодным.

Проверка работоспособности предлагаемого изобретения проводилась следующим образом.

1) Стандартный термолюминесцентный детектор ТЛД-500 перед облучением нагревали до 900°C , выдерживали 10 минут при этой температуре, после чего охлаждали до комнатной температуры.

2) Облучение детектора производили непрерывным или импульсным фотонным или корпускулярным излучением с энергиями от 50 кэВ и 10 МэВ, дозами от 15 до 6,2 МГр вместе с эталонным дозиметром.

3) Облученный детектор помещали на нагревательный элемент перед входным окном фоторегистрирующего устройства, имеющим максимум спектральной чувствительности в области 280-300 нм. Температуру экспонированного детектора повышали по линейному закону до 900°C . Регистрацию интенсивности ТЛ и ее спектрального состава производили в температурном интервале $430\text{-}630^\circ\text{C}$.

4) Данные эталонного дозиметра и ТЛ использовали для построения дозовой зависимости интенсивности ТЛ в интервале $430\text{-}630^\circ\text{C}$.

5) Помещали детектор в зону с повышенной до $430\text{-}530^\circ\text{C}$ температурой и облучали его ионизирующим излучением. Величину дозы рассчитывали интегральным методом, по площади под кривой термовысвечивания при температуре облучения до 430°C , и пиковым методом, по величине максимума интенсивности ТЛ, при температуре облучения детектора до 530°C .

При экспериментальной проверке работоспособности предлагаемого изобретения применялось следующее оборудование.

Для облучения умеренными, большими и сверхбольшими дозами использовались электронные пучки аппарата «Арина-02» (трубка ИМА2-150 Э, $E_{\text{эфф}}=65$ кэВ, $\tau_{\text{и}}=10$ нс, $f=10$ Гц) и ускорителя УЭЛР-10-15С ($E=10$ МэВ, $I_{\text{ср}}=700$ мкА, $\tau_{\text{и}}=10$ мкс, $f=48$ Гц) с

частотой сканирования 3 Гц. При использовании аппарата «Арина-02» максимальная доза, получаемая детектором за один импульс, составляла 2,5 кГр, что соответствовало мощности дозы $\approx 2,5 \cdot 10^{10}$ Гр/с. В случае применения ускорителя УЭЛР-10-15С аналогичные величины соответствовали ≈ 170 Гр и $\approx 1,7 \cdot 10^7$ Гр/с. Набор требуемых доз осуществлялся изменением времени облучения. Поглощенные дозы и мощности дозы в месте расположения детекторов оценивались с помощью калиброванных ТЛ-дозиметров ДПГ-02 на основе LiF в диапазонах мощностей доз 10^6 - 10^9 Гр/с и дозиметрических цветных пленок СО ПД (Ф)Р-5/50.

Спектральный состав ТЛ в высокотемпературном пике получен с помощью монохроматора МСД-1. Измерения ТЛ проводились на автоматизированной лабораторной установке. В основу выбора приемника сигнала высокотемпературной ТЛ положен ее спектральный состав с пиком свечения около 300 нм. Два типа фотоэлектронных умножителей с близкими параметрами и пониженной чувствительностью в видимой и ИК-областях спектра использовались для этих целей: ФЭУ-124 и ФЭУ-142 ($\Delta\lambda=0,112$ - $0,365$ нм; спектральная чувствительность на $\lambda=253,7$ нм - 8 мА/Вт, на $\lambda=365$ нм - 0,8 мА/Вт, на $\lambda=400$ нм - 0,1 мА/Вт). Таким образом, измеренный спектральный состав высокотемпературной ТЛ с максимумом при 300 нм соответствовал области максимальной чувствительности используемых фотоприемников. Их низкая чувствительность к видимому и ИК-диапазонам оптического излучения позволила надежно выделить высокотемпературную ТЛ на фоне теплового излучения нагретых деталей. Все измерения ТЛ проводились при скорости нагрева 2 К/с.

Дополнительным положительным свойством предлагаемого изобретения является то, что оно расширяет область применения стандартного термолюминесцентного детектора ТЛД-500 до возможности регистрации доз в диапазоне 15 кГр - 6,2 МГр, используемого для измерения доз на уровне десятков и нескольких сотен мкГр в индивидуальном дозиметрическом контроле, радиационном контроле окружающей среды.

В предлагаемом изобретении для решения поставленной задачи используется ТЛ, возбуждаемая в термолюминесцентных детекторах на основе оксида алюминия в диапазоне 430-630°C высокими сверхвысокими дозами ионизирующих излучений. В диапазоне доз до 6,2 МГр дозовая зависимость ТЛ близка к линейной и не проявляет тенденций к насыщению. В большой степени решению поставленной задачи способствует спектральный состав свечения в пике ТЛ при 560°C, равный 290-300 нм, позволяющий эффективно дискриминироваться от теплового излучения нагревателя путем выбора регистрирующего фотоприемника с выраженным максимумом спектральной чувствительности в этом диапазоне длин волн.

Нижняя граница спектрального диапазона регистрации ТЛ, 250 нм, обусловлена отсутствием в ТЛ коротковолновых составляющих свечения меньших длин волн.

Верхняя граница спектрального диапазона регистрации ТЛ, 350 нм, обусловлена необходимостью дискриминации сигнала ТЛ от излучения теплового фона нагревательного элемента, спектральный состав которого, с ростом температуры, обогащается коротковолновыми составляющими, перекрывающимися со спектром ТЛ вблизи 400 нм.

Верхний предел температурного диапазона окружающей среды при облучении детектора, 430°C, обусловлен предотвращением отжига ТЛ и потерь накопленной светосуммы, необходимой для расчета дозы интегральным методом.

Верхний предел температурного диапазона окружающей среды при облучении

детектора, 530°C, обусловлен предотвращением отжига пика ТЛ, необходимого для расчета дозы пиковым методом.

Результаты экспериментальной проверки реализации предлагаемого способа измерения высоких и сверхвысоких доз, накопленных при повышенных температурах в термолюминесцентных детекторах ионизирующих излучений на основе оксида алюминия, иллюстрируются представленными ниже чертежами.

На Фиг. 1 приведены кривые термовысвечивания термолюминесцентного детектора ТЛД-500, облученного при комнатной температуре импульсным электронным пучком дозами 1-7 МГр, обозначенными цифрами на кривых. Видно, что ТЛ-выход в диапазоне температур 430-630°C для указанного интервала доз в 5 и более раз превышает выход ТЛ в пиках при 180 и 430°C, используемых в способах, принятых за аналоги и прототип предлагаемого изобретения.

На Фиг. 2 приведен спектральный состав ТЛ в пике при 560°C. Видно, что в нем доминирует свечение в ультрафиолетовой (УФ) области длин волн, около 300 нм. Измерение высокотемпературной ТЛ в УФ-области стало принципиально возможным, поскольку при этом эффективно дискриминируются тепловой фон нагревательного элемента и собственное излучение детектора около 700 нм. Последнее связано с всегда присутствующими в кристаллах $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в неконтролируемых следовыми концентрациях

ионов Cr^{3+} . В способе, принятом за прототип, ТЛ регистрировалась в диапазоне длин волн 410-430 нм и, следовательно, пик ТЛ при 560°C не мог быть обнаружен из-за теплового фона. Спектральный состав свечения в пике ТЛ при 560°C определил выбор фотоприемника, используемого при экспериментальной проверке работоспособности предлагаемого изобретения.

Фиг. 3 поясняет возможность измерения доз при повышенных температурах окружающей среды во время облучения детектора. Видно, что при температурах облучения до 430°C не происходит потери светосуммы ТЛ, расчет дозы производится интегральным методом (площадь под кривой термовысвечивания). При температуре облучения до 530°C часть накопленной светосуммы теряется, расчет дозы производится по интенсивности неизмененного пика ТЛ при 560°C (пиковый метод). Ни в аналогах, ни в способе, принятом за прототип, возможность регистрации ТЛ при повышенных температурах облучения детектора не рассматривалась.

На Фиг. 4 приведен обобщенный вид дозовой зависимости интенсивности ТЛ, измеренный при различных температурах облучения детекторов ТЛД-500.

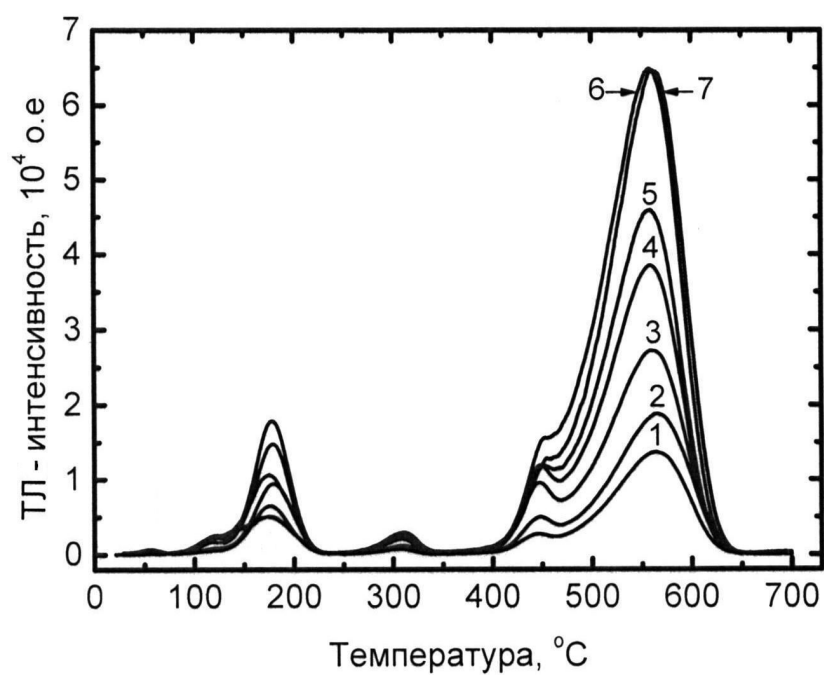
На Фиг. 5 и 6, для сравнения, приведены дозовые зависимости детекторов ТЛД-500, измеренные по способам, принятым за аналог (пример 3) и прототип (пример 2) соответственно.

Сравнение дозовых зависимостей, представленных на Фиг. 4, 5 и 6, показывает, что протяженность линейной зависимости дозовой зависимости, полученной по предлагаемому способу, увеличена примерно на половину порядка, достигая верхнего предела измеряемых доз 6,2 МГр при облучении детектора при температурах до 530°C.

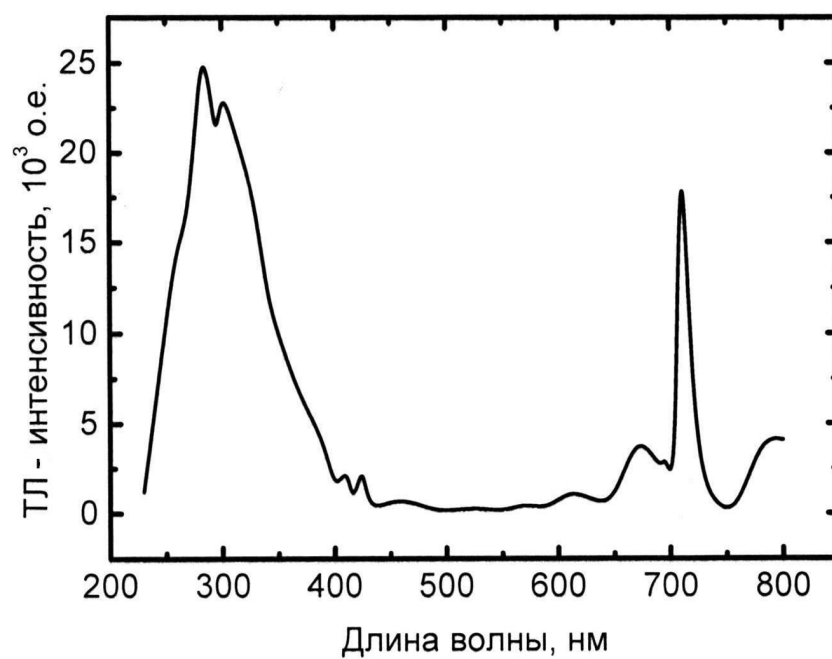
На Фиг. 7 приведены кривые термовысвечивания детектора ТЛД-500, облученного, импульсными пучками 10 МэВ и 65 кэВ ускорителей дозой около 30 кГр (1) и 15 кГр (2), соответственно. Видно, что характер кривой термовысвечивания не зависит от энергии электронов, что подтверждает работоспособность предложенного метода для регистрации доз излучений импульсных и непрерывных электронных потоков и создаваемого ими тормозного излучения в широком интервале энергии.

Формула изобретения

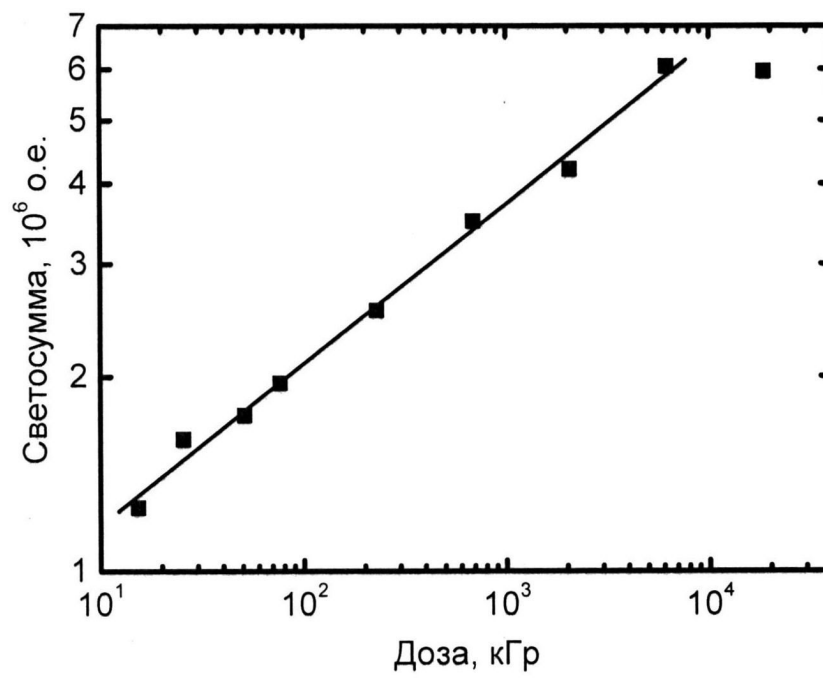
Способ измерения высоких и сверхвысоких доз, накопленных в термолюминесцентных детекторах ионизирующих излучений на основе оксида алюминия, в том числе при облучении в условиях повышенных температур окружающей среды, включающий нагрев облученного детектора и регистрацию интенсивности термостимулированной люминесценции, отличающийся тем, что интенсивность термостимулированной люминесценции измеряют в температурном интервале 430-630°C, а спектральную область регистрируемой интенсивности термолюминесценции ограничивают диапазоном 250-350 нм, при этом величину поглощенной дозы детектором, облученном при температуре окружающей среды до 430°C, рассчитывают интегральным методом, а при облучении детектора в температурном интервале 430-530°C - пиковым методом.



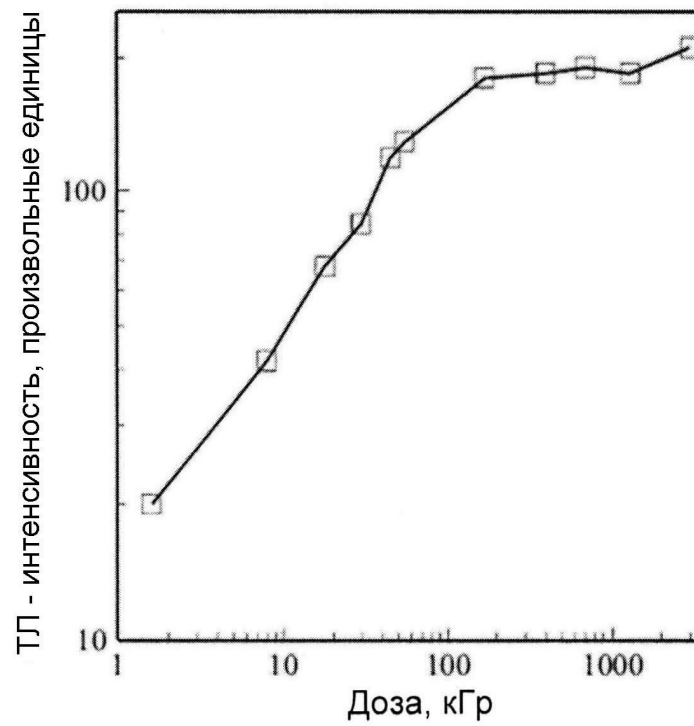
Фиг.1



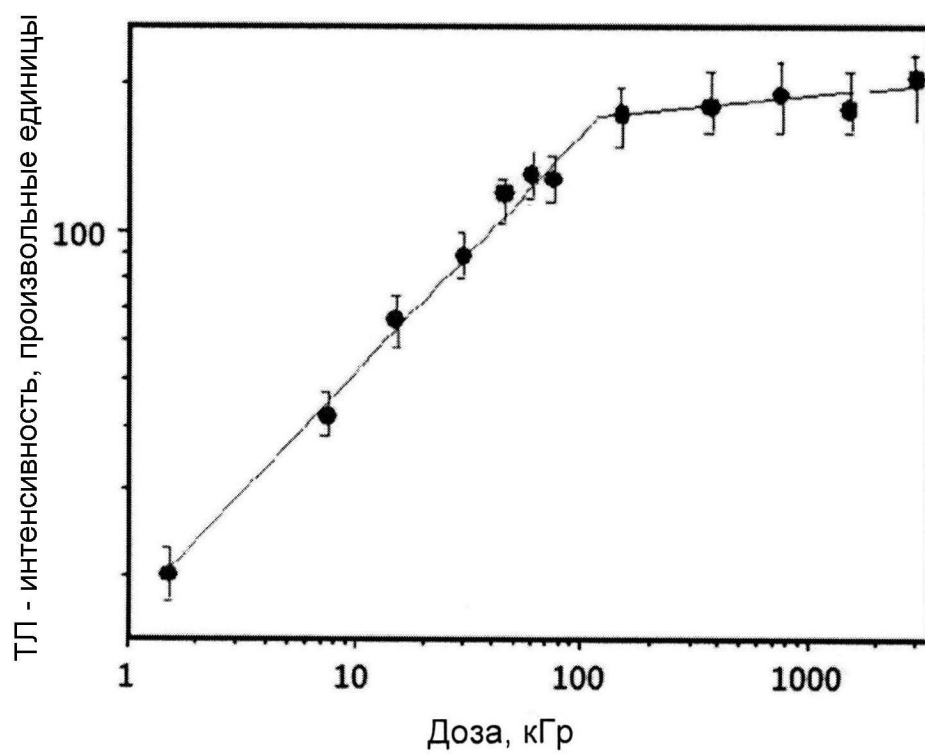
Фиг.2



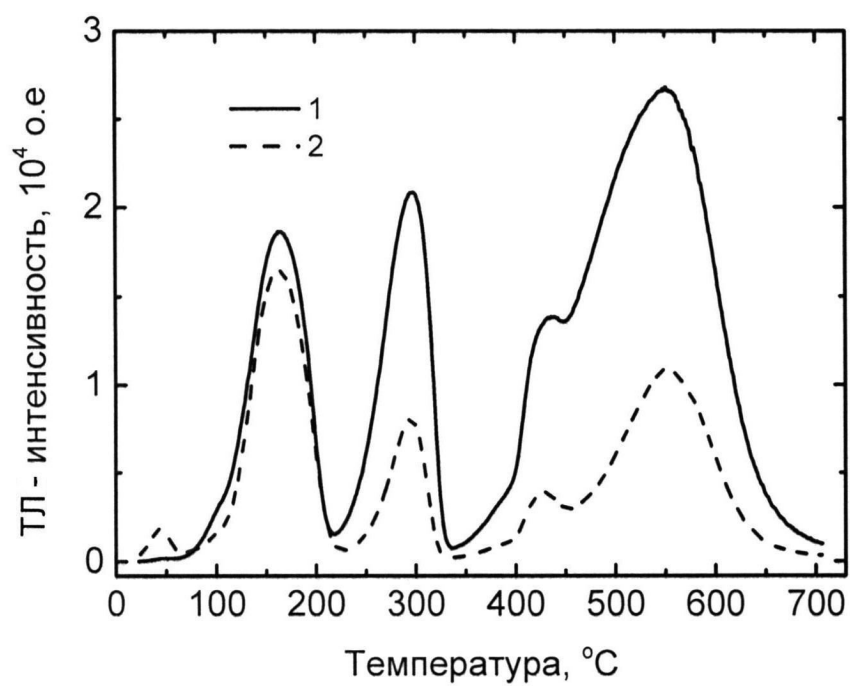
Фиг. 4



Фиг.5



Фиг. 6



Фиг. 7